

6
466
КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи
Аспирант А. Ф. ПАВЛОВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ВЫЕМОЧНОГО ПОЛЯ И ЕЕ ПОДСИСТЕМЫ
ПРОВЕТРИВАНИЯ**

(работа выполнена на русском языке)

Специальность 05.311—подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 1971

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Р С Ф С Р .

КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аспирант Павлов А.Ф.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ВНЕМОЧНОГО ПОЛЯ И ЕЁ ПОДСИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ**

(Работа выполнена на русском языке)

**Специальность 05.311 – подземная разработка и
эксплуатация угольных, рудных и нерудных месторождений**

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Кемерово 1971



В настоящей работе на основе проведенных исследований решена задача совершенствования элементного метода оценки надежности сложных систем применительно к технологической системе внемочного поля и её подсистемы проветривания. Разработаны алгоритмы моделирования надежности проветривания и эффективности газовой защиты горных выработок внемочного поля. Произведена оценка надежности горных выработок и вентиляционных сооружений в условиях Ленинского района Кузбасса. Выполнен анализ и предложены более совершенные схемы подготовки внемочных полей по условиям надежности и эффективности проветривания.

Введение

Решением XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану СССР на 1971-75 годы предусмотрено завершение технического перевооружения предприятий угольной промышленности. Однако механизация производственных процессов приводит к возникновению новых организационно-технических задач, тесно связанных с вопросами надежности и безопасности технологических систем. Например, конвейеризация производства делает более жесткими связи между отдельными операциями по добыче угля и уменьшает резервирование и надежность системы, а повышение нагрузки на забой увеличивает газовую опасность горных выработок. Поэтому целью данной работы является повышение эффективности и безопасности технологической системы внемочного поля путем решения вопросов её надежности.

Для решения этих вопросов необходимо иметь расчетные методы, позволяющие по известным показателям надежности элементов оценивать надежность системы. Технологическая система внемочного поля и её подсистема проветривания как объекты исследования надежности относятся к классу сложных систем, для которых отсутствуют достаточно полные критерии и расчетные методы оценки их надежности. Поэтому первые три раздела данной работы посвящены установлению показателей надежности и совершенствованию элементного метода оценки надежности сложных систем применительно к технологической системе внемочного поля и отдельных её подсистем. Последующие три раздела - оценке и анализу надежности проветривания и эффективности газовой защиты горных выработок, совершенствованию схем подготовки внемочных полей по условиям надежности и эффективности их проветривания.

I. Структурный анализ внемочного поля как технологической системы и задачи исследования её надежности

Оценка надежности системы по известным показателям надежности её элементов предполагает переход от показателей надежности элементов к показателям надежности системы с учетом взаимодействия её элементов. Основная трудность решения этого вопроса заключается в

численном отражении влияния взаимодействия элементов на надежность системы. Поэтому в начале исследования был разработан принцип деления технологической системы выемочного поля на элементы и подсистемы. В качестве элементов выемочного поля приняты объекты, которые, если исключить влияние среды, характеризуются двумя уровнями функционирования. Под технологическим процессом понимаем управляемое движение совокупности потоков, например, угля, материалов и оборудования, энергии, воздуха. Каждый из этих потоков обеспечивается совокупностью элементов, образующих, соответственно, подсистемы: транспорта полезного ископаемого, доставки материалов и оборудования, энергоснабжения, проветривания. Такое представление технологического процесса, системы, элемента выемочного поля позволило оценить применимость разработанных критериев и методов оценки надежности систем и явилось рабочим методом в изучении влияния взаимодействия элементов на надежность системы.

Выбор показателя надежности, всесторонне характеризующего систему - задача весьма сложная. Видимо, поэтому до сих пор отсутствуют достаточно полные показатели надежности технологической системы выемочного поля и её подсистемы проветривания, хотя и известны выполненные в этом направлении исследования А. С. Бурчакова, Д. Ф. Борисова, Ч. З. Ушакова, Н. А. Синькевича, В. Д. Речина.

Для оценки надежности технологической системы выемочного поля и её подсистем наиболее применение находит элементный метод, позволяющий рассчитывать надежность системы по известным показателям надежности элементов. Исходными предпосылками этого метода являются независимость надежности элемента от надежности других и независимое влияние его на надежность системы.

Технологическая система выемочного поля и ее подсистема проветривания как объекты исследования надежности относятся к классу сложных систем, для которых характерно сложное взаимодействие элементов и то, что отказ резервированного элемента не приводит к отказу всей системы, а только к понижению уровня ее функционирования. Для таких систем элементный метод в неизменном виде не применим. Это явилось причиной тому, что до последнего времени не были известны алгоритмы расчетов, связанных с анализом надежности и эффективности проветривания, хотя оно часто выступает определяющим фактором при решении технологических вопросов. Поэтому целью данной работы явилось решение следующих задач:

1. выбор показателей и совершенствование элементного метода

оценки надежности сложных систем применительно к технологической системе выемочного поля и её подсистеме проветривания;

2. разработка алгоритма расчета надежности проветривания и эффективности газовой защиты горных выработок выемочного поля;

3. анализ и совершенствование схем подготовки выемочных полей по условиям надежности и эффективности их проветривания.

Для решения этих задач использовался структурный анализ систем, опытно-статистический метод, аналоговое и цифровое моделирование с использованием метода статистических испытаний.

2. Выбор показателей надежности элемента и системы выемочного поля

Надежность элемента проявляется в требованиях на профилактическое и послеотказовое обслуживание. Показателями его надежности являются не только интервал времени между требованиями и время обслуживания, но и затраты обслуживания.

В отличие от элементов, надежность технологической системы проявляется еще и в убытках от понижения качества, объема добываемого угля и от неоправданных добычей условно постоянных затрат. Эти проявления достаточно полно отражаются в показателе эффективности, который можно назвать условная прибыль, а для выемочного поля - доля прибыли. Тогда обобщающим показателем надежности выемочного поля будет коэффициент надежности доли прибыли

$$N = \frac{\epsilon}{\epsilon_n}, \quad (1)$$

где ϵ и ϵ_n - фактическая, с учетом ненадежности системы и номинально возможная доля прибыли, при условии, что система находится в состоянии "исправно" и нормальных условиях среды.

После ряда несложных преобразований (1) примет вид

$$N = K(1-U), \quad (2)$$

где K - работоспособность системы, а U - коэффициент потерь доли прибыли от добычи тонны угля.

Обобщающим показателем надежности проветривания принята вероятность того, что в любой момент времени концентрация опасного газа не превосходит допустимых норм.

3. Развитие элементного метода оценки надежности технологической системы выемочного поля и её подсистем

Сложный поток требований на послеотказовое обслуживание как последовательность зависимых и независимых отказов

$$A_1 \cdot A_2 \cdot B_{21} \cdot B_{22} \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot B_{41} \cdot A_5 \cdot \dots$$

можно выразить в виде последовательности независимых событий

$$A_1 \cdot A_2 + B_{21} + B_{22} \cdot A_3 \cdot A_4 + B_{41} \cdot A_5 \cdot \dots$$

где A и B - соответственно, независимые и зависимые отказы. Это позволило формально рассматривать надежность одного элемента независимым от надежности другого и выполнить первое и второе необходимое условие элементного метода. Однако возникла необходимость оценивать долевое влияние элемента на надежность системы с учетом взаимодействия элементов, которое проявляется через режим работы элементов, последствия отказов и резервирование, образующих соответствующие свойства системы. В работе рассмотрены воздействия указанных свойств системы на долевое влияние элемента.

Режим работы элемента характеризует пребывание элемента в состояниях: работа, перерыв, переключение и проявляется, главным образом, на частоте требований на обслуживание, которая рассчитывается по формуле

$$h = \alpha h_p + (1-\alpha)h_n + \alpha n h_{\kappa, \text{час}}^{-1}, \quad (3)$$

где α - коэффициент использования элемента за время технологического цикла, неделя; h_p , h_n , h_{κ} - частота требования на обслуживание, соответственно, в состояниях работа, перерыв, переключение; n - число переключений элемента за час работы.

Следовательно, частота требований на обслуживание элемента определяется как сумма частот его состояний с учетом длительности этих состояний в технологическом цикле.

Последействие отказов характеризует способность системы продолжить начатый в ней процесс разрушения.

Преобразование сложного потока отказов позволяет отнести его к ординарному потоку с ограниченным последствием, что значительно упрощает обзор оценки надежности системы и делает возможным частичное использование элементного метода, но не исключает необходимости оценки условной вероятности для оценки тяжести отказа с последствием, например, таких событий как $A_2 + B_{21} + B_{22}$.

Одним из методов решения этой задачи является представление последствия как результат совмещения совокупности независимых событий

$$P(B/A) = P(x) \cdot P(z), \quad (4)$$

$$P(z) = P(z_1) \cdot P(z_2), \quad (5)$$

где $P(x)$ - вероятность возникновения инициирующего отказа; $P(z)$ - вероятность того, что среда между элементами A и B обеспечивает развитие неуправляемого потока до элемента B не ниже уровня его допустимой нагрузки; z_1 и z_2 - события, образуемые средами, соответственно, активизирующими и противодействующими последствие.

Знание условной вероятности позволяет оценить тяжесть независимого отказа с последствием по формулам

$$u = u_n + \Delta u, \text{ руб.}, \quad \Delta u = \sum_1^m P(B_i/A) u_{n_i}, \text{ руб.}, \quad (6)$$

$$\tau = \frac{b}{n}, \text{ час.}, \quad b = b_n + \Delta b, \text{ чел-час.}, \quad \Delta b = \sum_1^m P(B_i/A) b_{n_i}, \text{ чел-час.}, \quad (7)$$

где m - число элементов, подверженных влиянию данного отказа;

b - трудоёмкость обслуживания, чел-час; n - число людей, занятых восстановлением элемента; τ - время восстановления, час; u - затраты восстановления элемента, руб.; n - индекс тяжести независимого отказа без последствия; b - индекс последствия; Δ - индекс тяжести последствия.

Резервирование обеспечивает совмещение работы системы со временем восстановления элемента. Но здесь надо различать совмещение с полным и неполным уровнем функционирования системы, резервирование избыточными элементами в параллельных

и последовательных цепях, влияние избыточности элементов одних подсистем на резервирование работы элементов других, резерв производительности, резерв фронта работ. Эти особенности обусловлены технологической системой - наличием нескольких разнообразных материальных потоков. Для технологической системы выемочного поля более характерно резервирование производительности потоков и избыточность элементов в последовательных цепях. Выявлено, что при резервировании избыточными элементами в последовательных цепях резервируются элементы той цепи, которые относительно противоположной образуют резерв производительности.

В выемочном поле связи между отдельными операциями технологического процесса могут допускать "сдвиг" во времени, а число людей, занятых работой, как правило, меньше максимально возможного. Это создает резерв работы, который может быть выполнен во время восстановления некоторых элементов. Время совмещения работы системы с восстановлением элемента

$$\Delta t = \frac{1}{n} (\Delta v_1 - \Delta v_2), \text{ час}, \quad (8)$$

где Δv_1 - объем работ, который выполнен одновременно с восстановлением отказавшего элемента, чел-час; Δv_2 - объем работ, невыполнимый людьми после восстановления элемента из-за недостаточного фронта работ, чел-час; n - численность обслуживавших людей, чел; Δt - условное время продолжения работы системы с полным уровнем функционирования.

Зная Δt можно оценить воздействие резервирования элемента на работоспособность системы

$$\Delta K = \frac{\Delta t}{t + \tau} \quad (9)$$

и долевое влияние элемента на работоспособность системы

$$K = K_0 + \Delta K \quad (10)$$

С использованием метода статистических испытаний выполнено моделирование резервирования системы избыточным объемом работ при отказах выемочного комбайна комплекса КТУ-3м. Установлено, что долевое влияние отказов комбайна на работоспособность выемочного поля уменьшается в данной форме резервирования на 10%.

После последовательного отражения каждого из указанных свойств системы на параметры долевого влияния элемента выполня-

ется оценка параметров надежности системы по формуле (2) с учетом того, что

$$U = U_1 + U_2; \quad U_1 = \frac{\sum_1^n \frac{u_{1i}}{t_{1i}}}{P_n(c_n - a_n)}; \quad U_2 = \frac{\sum_1^n \frac{u_{2i}}{t_{2i}}}{P_n(c_n - a_n)} \quad (11, 12, 13)$$

где U_1, U_2 - коэффициенты потерь доли прибыли при добыче тонны угля, обусловленные, соответственно, профилактическим и послеотказовым обслуживанием; u_1, u_2 и t_1, t_2 - средние значения, соответственно, затрат, руб. и интервала времени между требованиями, час (1 - профилактического и 2 - послеотказового обслуживания); n - число элементов; c_n, a_n, P_n - номинальные значения цены, себестоимости и производительности системы.

Несколько иным является переход к показателю работоспособности системы. Параметром надежности элемента позволяют оценивать его коэффициент готовности, K_r . Зная уровень функционирования элемента K_c , его работоспособность оценивается по уравнению

$$K_i = K_c \cdot (K_r + \Delta K), \quad (14)$$

а работоспособности системы - по известной формуле

$$K = \prod_1^n K_i \quad (15)$$

Таким образом было проведено совершенствование элементного метода применительно к сложным системам выемочного поля. Наличие такого метода позволяет разработать алгоритм расчета надежности технологической системы, но этот процесс имеет поэтапное развитие. В настоящее время уже имеются алгоритмы расчетов надежности энергоснабжения, отбойки и транспорта угля, но нет для подсистемы проветривания. Поэтому стало необходимым в первую очередь разработать алгоритм расчета надежности подсистемы проветривания.

4. Разработка алгоритма расчета надежности подсистемы проветривания выемочного поля и оценка надежности её элементов в условиях Ленинского района Кузбасса

Выемочное поле можно рассматривать как своеобразную транс-

портную систему по разжижению и выносу опасных газов за пределы горных выработок. Элементами её являются: горные выработки, вентиляционные сооружения и оборудование; а средой - горногеологические и горнотехнические условия. Назначение элементов сводится к обеспечению пребывания параметров воздушных струй в допустимой области.

Оценка надежности проветривания по известным показателям надежности горных выработок и вентиляционных сооружений распадается на два этапа. На первом этапе с использованием аналоговой машины ЭМВС-6 определяются распределения воздуха Q , а по уровню окисляемого газовыделения-концентрация метана C в месте возможного загазования при отказах каждого элемента, рис. 1.

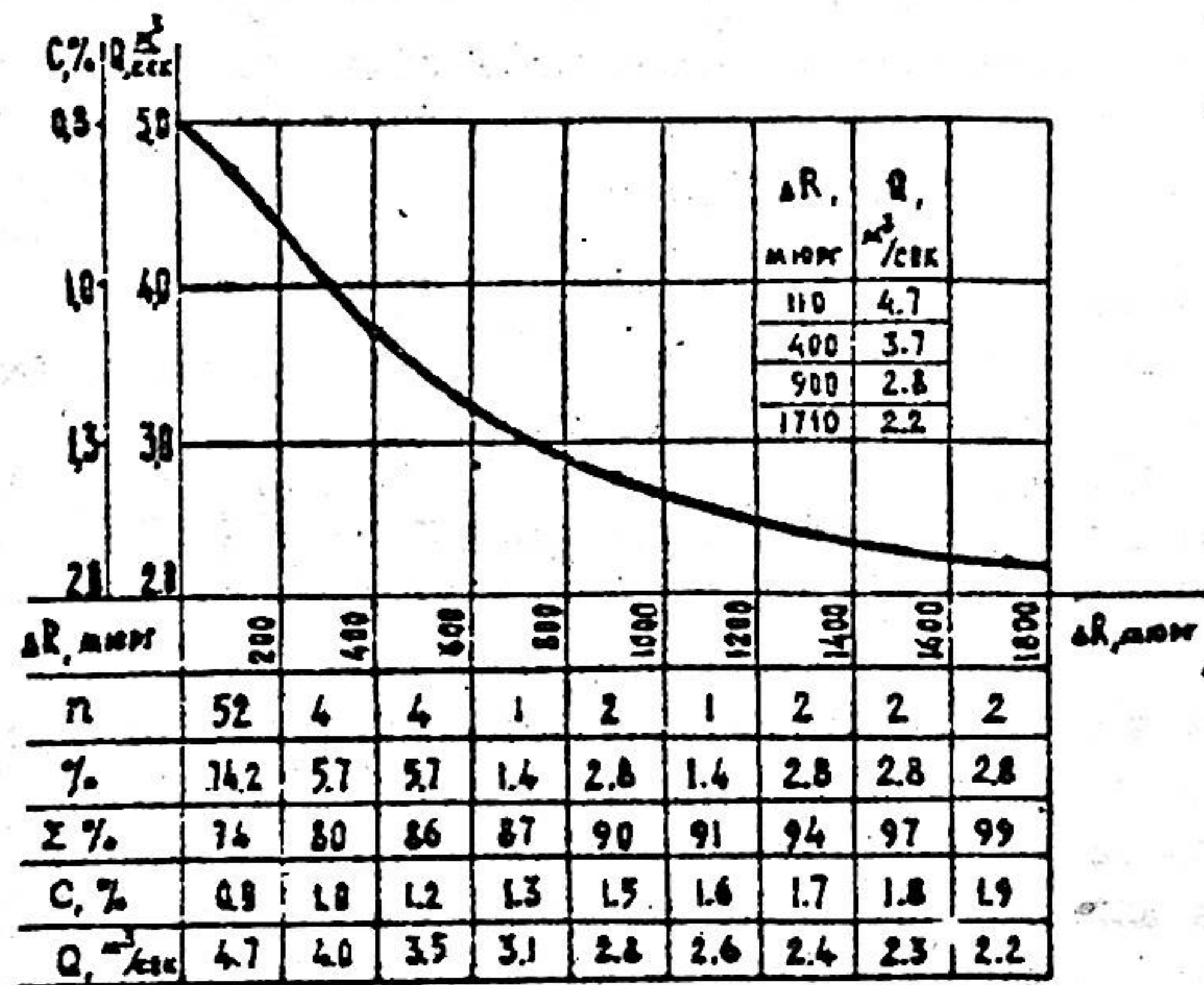


Рис. 1. График функции $Q = F(\Delta R)$ и таблица распределения вероятности концентрации метана и расхода воздуха

На втором этапе с применением ЭЦВМ оценивается долевое влияние элемента на надежность проветривания по разработанному алгоритму (рис. 3), использующему метод статистических испытаний, что позволяет одновременно учитывать интервал времени между отказами t_n , час; величину возросшего сопротивления ΔR , ммг; время восстановления элементов T , час, заданных в виде их распределения, а также резерв воздуха в сети и распределение скорости изменения концентрации метана в горных выработках, V , %/час.

Правомомерность использования приведенных в операторах A_{25} , A_{27} , A_{34} , A_{35} расчетных формул поясняется на рис. 2.

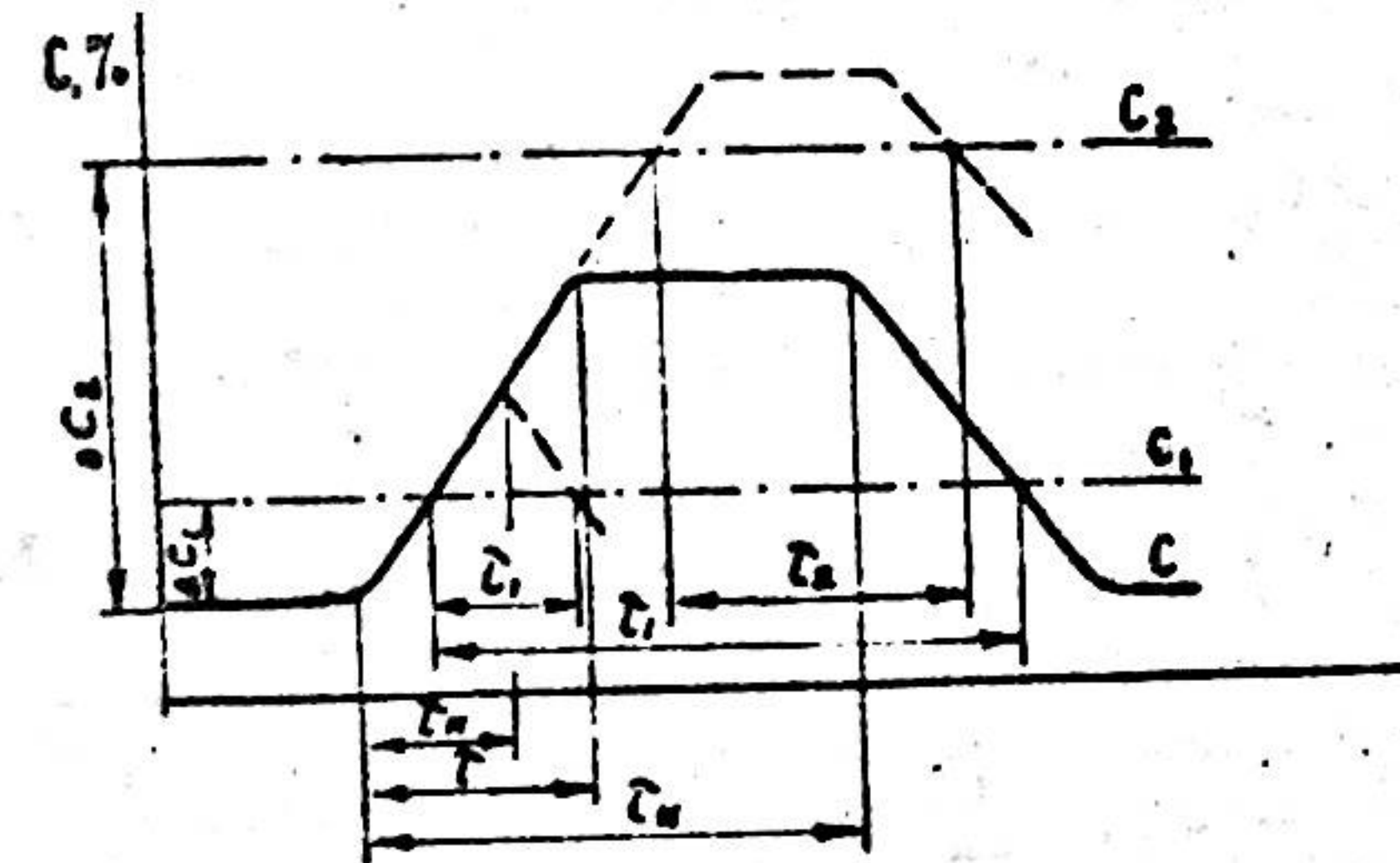


Рис. 2. Временные параметры процесса загазования горной выработки

Данная блок-схема позволяет учитывать влияние повышенных газовыделений на вероятность загазования горной выработки. Для этого параметры повышенного газовыделения (t_n - интервал времени между повышенными газовыделениями, час; ΔJ - превышения абсолютного газовыделения над средним уровнем, м³/мин.), полученные в виде их распределений, вводятся в расчетную схему по алгоритму расчета влияния горных выработок.

По полученным значениям долевых влияний вероятность того, что данная выработка на любой момент времени окажется

загазованной выше допустимого уровня, оценивается по формуле

$$1 - K_i = \sum_1^n (1 - K_{i1}), \quad (16)$$

где $1 - K_i$ - доленое влияние i -го элемента на вероятность такого загазования; n - число элементов.

Надежность систем проветривания от опрокидывания вентиляционных струй оценивается как вероятность того, что в любой момент времени ни в одной из диагональных выработок не произойдет изменение направления воздушной струи, и определяется как

$$N_0 = 1 - \sum_1^n q_i \cdot (1 - K_i), \quad (17)$$

где q_i - вероятность опрокидывания воздушной струи хотя бы в одной диагональной ветви при отказе i -го элемента; $1 - K_i$ - вероятность отказа i -го элемента; n - число элементов.

Вероятность изменения направления струи при отказе данного элемента оценивается по формуле

$$q_i = \int_0^{\Delta R_0} f(\Delta R) \cdot d(\Delta R), \quad (18)$$

где ΔR_0 - величина приращения сопротивления данного элемента, которая вызывает остановку вентиляционной струи в диагональной ветви, иrog (может быть определена во время моделирования системы проветривания на аналоговой модели); $f(\Delta R)$ - функция плотности распределения приращений сопротивлений при отказах данного элемента.

Для практического использования разработанного алгоритма расчета надежности проветривания выемочного поля на ряде шахт Ленинского района Кузбасса были проведены наблюдения за горными выработками и вентиляционными сооружениями как элементами подсистемы проветривания. Для каждого эталонного элемента получены распределения плотности: ΔR - приращения сопротивления, иrog; t_n - интервалы времени между отказами, час; τ - времени восстановления, час. Для горных выработок обнаружена корреляционная связь между временем восстановления и приращением сопротивления. Для определения скорости нарастания концентрации метана на исходящих струях выемочных участков использовались данные ранее проведенных наблюдений ВостНИИ. Некоторые

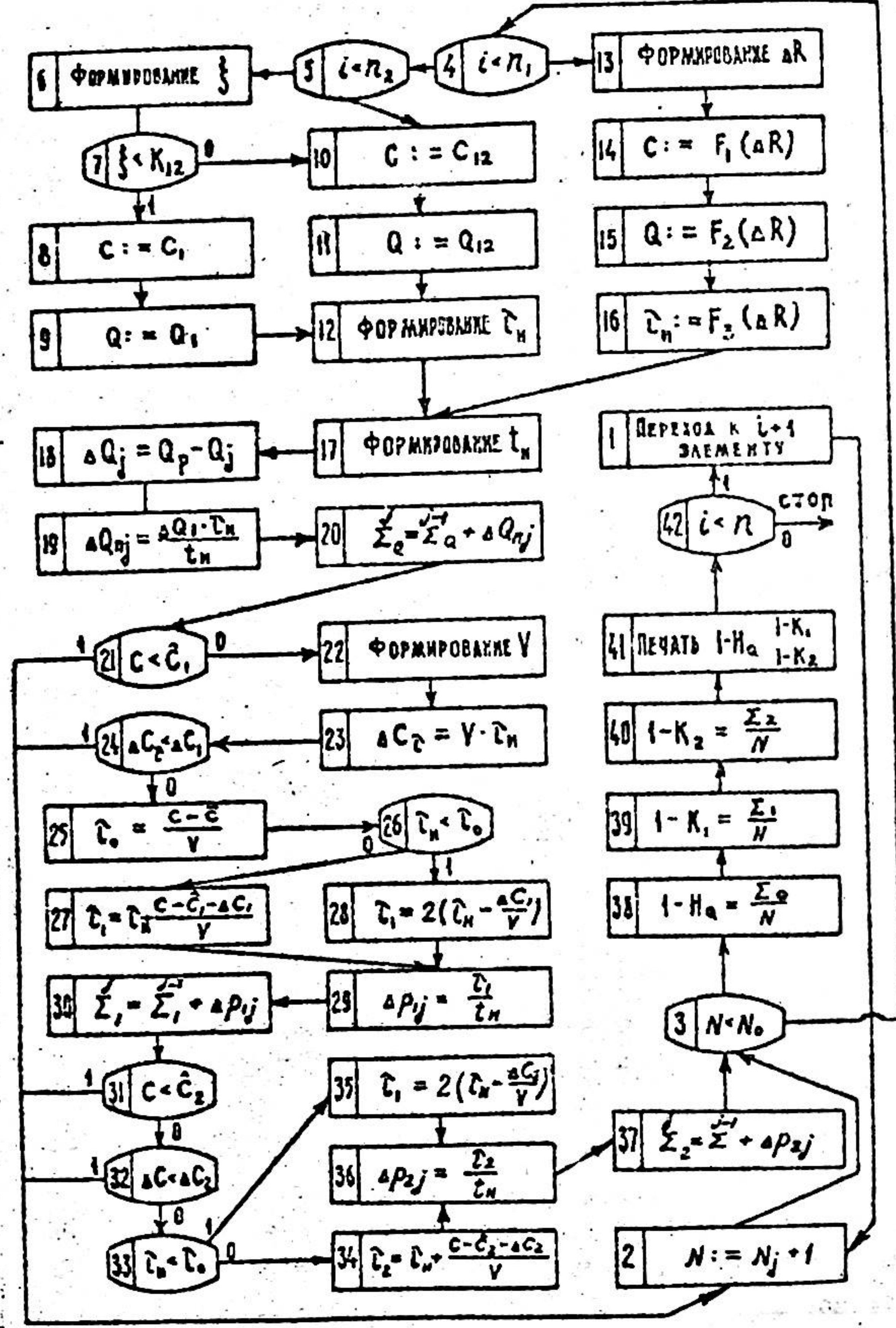


Рис. 3. Блок-схема оценки долевого влияния элементов подсистемы проветривания на её надежность

сведения о надежности горных выработок и вентиляционных сооружений приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

Наименование эталонных элементов	Среднее время между отказами t , час	Время восстановления τ , час.
Вентиляционный штрек, 100 м	$4,25 \cdot 10^3$	$0,0050I \Delta R + II$
Конвейерный штрек, 100 м	$1,03 \cdot 10^4$	$0,00894 \Delta R + 4,36$
Уклон вне зоны влияния горных работ, 100 м	$2,05 \cdot 10^4$	$0,00435 \Delta R + 3,4$
Путевой уклон в зоне влияния горных работ, 100 м	$3,4 \cdot 10^4$	$0,0067 \Delta R + 16,2$
Конвейерный уклон в зоне влияния горных работ, 100 м	$3,4 \cdot 10^4$	$0,00687 \Delta R + 3,2$
Дверь участкового шлюза	2,78	0,266
Дверь шлюза заезда	4,3	0,234

Разработанный алгоритм оценки надежности выемочного поля как системы проветривания позволяет на стадии проектирования оценивать и анализировать надежность выемочного поля.

5. Анализ и совершенствование схем подготовки и проветривания выемочных полей в условиях газоносных пластов Ленинского района Кузбасса

Для сравнения используемых и проектируемых схем подготовки выемочного поля по фактору эффективности и надежности проветривания были приняты следующие одинаковые условия моделирования: длина бремсберга (уклона) от отказного штрека до выемочного участка 600-700 м; длина крыла выемочного поля по простиранию - 800 м; длина лавы, оборудованной комплексом - 100 м; количество воздуха, поступающего в выемочное поле по одному бремсбергу (уклону) 20-24 м³/сек, но двум - 40 м³/сек; средняя

концентрация метана на сопряжении лавы с вентиляционным штреком - 0,8%; сопротивления подобных горных выработок и сооружений равны. Показателем эффективности системы проветривания принят предложенный нами коэффициент полезного использования воздуха

$$K_{\text{пн}} = \frac{\bar{C}}{\hat{C}_1} \quad (19)$$

где \bar{C} и \hat{C}_1 - средняя и допустимая концентрация метана в суммарном потоке исходящих струй выемочного поля.

Некоторые результаты моделирования приведены в табл. 2, где используемые схемы подготовки и проветривания выемочных полей представлены вариантами: I, 7, 2, 8, 15, 16, 3, 9.

Моделированием надежности используемых схем установлено:

1. из элементов сети наибольшее влияние на надежность проветривания оказывает шлюз, а затем вентиляционные штреки;

2. надежность бремсберговых (прямочных) схем в два раза выше уклонных. Среднее время аварийного простоя лав в уклонных схемах из-за ненадежности элементов сети достигает 7%;

3. фактическое количество воздуха, подаваемое в лаву, ниже расчетного на 3-6 % из-за ненадежности элементов сети;

4. с увеличением депрессии сети доленое влияние элементов на надежность проветривания возрастает.

Кроме того, анализом эффективности схем выявлено, что:

1. бремсберговые схемы относительно уклонных обеспечивают в 1,5 раза большую эффективность использования воздуха;

2. введение дренажного штрека увеличивает эффективность использования воздуха не менее чем в 1,5 раза;

3. эффективность использования воздуха в существующих схемах ниже номинально возможной в 2-4 раза.

Совершенствование схем подготовки и проветривания выемочного поля выполнялось с использованием разработанного нами принципа составления и выбора вариантов:

а) устанавливается перечень признаков, определяющих конструктивные особенности схем и путем сочетания их составляется таблица возможных вариантов (см. табл. 2).

Таблица 2

РАСПОЛОЖЕНИЕ ВОЗДУХОПОДАЮЩЕГО И ВОЗДУШОВЫДАЮЩЕГО ГОРИЗОНТОВ	ПОРЯДОК ОТРАБОТКИ ВНЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ	ЧИСЛО КРИЗИСОВ	РАСПОЛОЖЕНИЕ БРЕМБЕРГОВ (УКАНОВ)						ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ	
			С О В М Е Ш Т Н О Е			Ф Л А Н Г О В О Е				
			С Х Е М А П Р О В Е Т Р И В А Н И Я Л А В							
			U	T	Z	Z	Z	Z		
			Ч И С Л О Б Р Е М Б Е Р Г О В (У К А Н О В)							
		2	3	2	2	3	2			
А В У С Т О Р О Н Н Е Е	О Б Р А Т Н Ы Й	2	7 0,027 0,6 1,3 0,63 2,4 0,24	16 0,036 1,2 1,83 0,77 2,8 0,21	9 0,019 0,5 1,1 (2,1) 0,63 1,9 (1,3) 0,37 (0,15)				1-К, У, З, К _л , К _п	
		1	8 0,025 1,9 1,5 0,25 0,21			A 12,0 5,7 0,62 1,0 0,66		12 0,030 14,7 7,1 0,87 1,9 0,33	1-К, У, З, К _л , К _п	
	П Р Я М О Й	2					17 0,021 12,0 10 0,6			1-К, У, З, К _л , К _п
		1	9 0,024 1,5 1,5 0,27 0,23 0,22			B 0,5 0,6 0,5 1,8 0,3		12 0,030 10 0,3 0,47 1,9 0,45	1-К, У, З, К _л , К _п	
	О Д Н О С Т О Р О Н Н Е Е	О Б Р А Т Н Ы Й	1	10 0,024 1,5 1,5 0,27 0,23		18 0,043 10,2 4,9 0,66 1,8 0,49		6 0,024 14,5 5,3 0,7 1,9 0,35	14 0,029 12,5 5,3 0,67 1,6 0,37	1-К, У, З, К _л , К _п
			2	11 0,024 1,5 1,5 0,27 0,23	15 0,045 4,2 1,18 0,46 1,7 0,29	3 0,021 4,7 2,2 0,46 1,8 0,46	5 0,034 4,7 2,2 0,46 1,8 0,46			1-К, У, З, К _л , К _п
П Р Я М О Й		1	12 0,024 1,5 1,5 0,27 0,23		6 0,029 0,2 3,0 0,44 1,9 0,49		6 0,024 0,2 4,4 0,4 1,9 0,63		1-К, У, З, К _л , К _п	

Обозначения: U, T, Z - возвратночная, комбинированная, прямоочная схемы проветривания лав; 1-К_л - ненадежность системы проветривания; Q - расход воздуха в лаве, м³/сек; J - абсолютная газообильность внемочного участка, м³/мин; K_л, K_п, K_{ли} - коэффициенты доставки, местного превышения концентрации, полезного использования воздуха.

б) из всего перечня вариантов к моделированию на ЭМВС-6 выбираются те, нерациональность которых не известна заведомо;

в) после моделирования на ЭМВС-6 и оценки эффективности проветривания к расчету надежности проветривания на ЭПВМ допускаются наиболее эффективные схемы;

г) в конечном счете из всего множества составленных вариантов отбираются наиболее эффективные, надежность которых не ниже существующих схем и оценивается их возможная область использования.

Выбранные таким образом варианты схем I2, I7, I4, 6 и до. обеспечивают повышение эффективности проветривания в 2-4 раза без понижения их надежности и введения дополнительных горных выработок, главным образом, за счет снижения местных скопления метана путем создания прямоочной схемы проветривания лав и полезного использования воздуха, проходящего через вентиляционные сооружения.

6. Оценка эффективности систем газовой защиты горных выработок внемочного поля

Произведенные исследования позволили получить показатели и численную оценку эффективности газовой защиты горных выработок. С использованием метода статистических испытаний получены оценки N_k - вероятности предотвращения опасного совмещения и $T_{пр}$ - среднего времени опасного совмещения, приведенного к каждому случаю взрывчатого загазования, при "ручных" замерах с интервалами замера 1, 2, 3, 4, 6 часов и при различных допустимых уровнях концентрации метана (рис. 4). Здесь под опасным совмещением понимается время работы вероятных источников опасного искрообразования во взрывчатой среде.

Анализом полученных результатов и сравнении с системой автоматической газовой защиты, соответственно, без "ручных" замеров A_6 и однократным в смену замером A_3 установлено, что:

I. существующая система газовой защиты с "ручными" замерами характеризуется в среднем 15-минутным опасным совмещением

на каждый случай взрывчатого загазования;

2. введением автоматической газовой защиты обеспечивается повышение эффективности защиты не менее чем в тысячу раз.

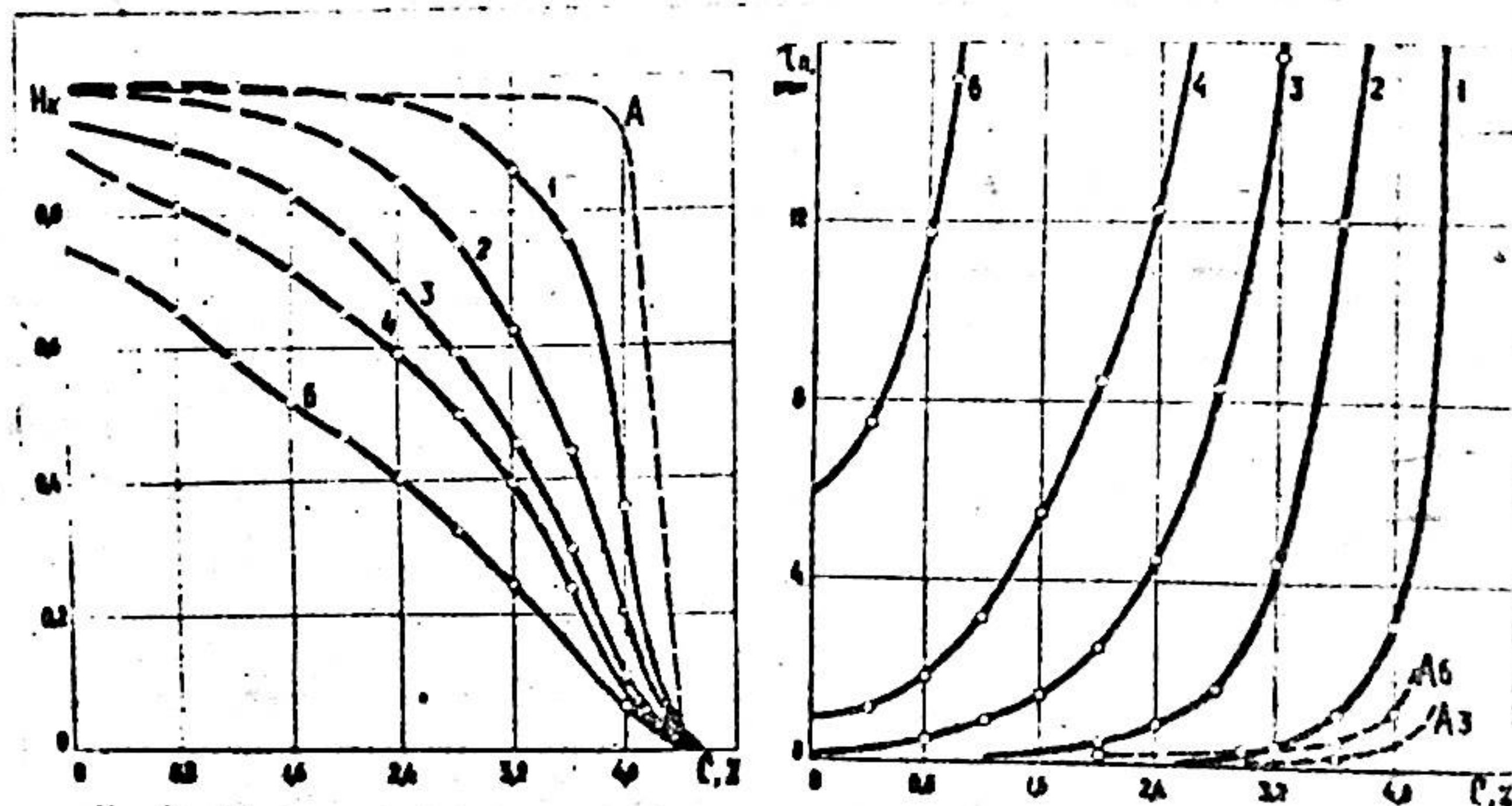


Рис. 4. Зависимость вероятности предотвращения опасного совмещения N_k и среднего времени опасного совмещения на каждый случай опасного загазования $T_{пр}$, мин, от вида системы газовой защиты и допустимого уровня концентрации метана C , %.

Заключение

Основные результаты данной работы свелись к следующему:

1. произведено совершенствование элементного метода оценки надежности сложных систем применительно к технологической системе выемочного поля и её подсистем и установлены показатели надежности элемента, технологической системы выемочного поля и

её подсистемы проветривания. Для этого разработаны: а) принцип деления системы на подсистемы и элементы; б) принцип приведения потока отказов с последствием к последовательности независимых событий; в) расчетные формулы оценки долевого влияния элемента на надежность системы с учетом режима работы, последствия отказов и резервирования элементов и даны отдельные примеры их использования;

2. разработана программа аналого-цифрового моделирования надежности подсистемы проветривания выемочного поля от загазования горных выработок и изменения направления воздушных струй;

3. произведена оценка надежности горных выработок и вентиляционных сооружений выемочного поля как элементов подсистемы проветривания в условиях Ленинского района Кузбасса;

4. выполнены моделирование и анализ надежности и эффективности проветривания бремсберговых и уклонных выемочных полей. Разработаны схемы подготовки выемочных полей, обеспечивающие повышение эффективности проветривания в 2-4 раза без снижения их надежности и введения дополнительных вентиляционных выработок;

5. разработаны критерии и алгоритмы оценки эффективности систем газовой защиты, проведен их сравнительный анализ.

Результаты выполненных исследований нашли применение во "Временной методике определения надежности системы проветривания выемочного поля угольной шахты", которая используется при анализе проектируемых схем подготовки и проветривания выемочных полей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Эксплуатационная надежность и обслуживание шахтного оборудования. "Экономика угольной промышленности", 1968, № 6 (соавтор А. Г. Ильиних).

2. Опыт работы проектной группы шахты "Томусинская 5-6", М., 1969 (соавтор В.М.Ефимов).

3. Повышение надежности организации производства. "Экономика угольной промышленности", 1969, № 3.

4. Организация труда в очистном забое. "Экономика угольной промышленности", 1969, № 4.

5. Последствие отказов элементов технологической системы выемочного поля. "Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых", 1970, № 1.

6. Нормирование труда и надежность технологических систем. "Экономика угольной промышленности", 1970, № 2 (соавтор Ф.Ф.Павлов).

7. Надежность горных выработок как элементов системы проветривания. "Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело", 1971, № 5 (соавторы И.А. Абрамов и др.).

Ответственный редактор
д.т.н., проф. А.А. МЯСНИКОВ

*Подписано к печати 4.11.71 г., 1 л.,
оп 0110, заказ 1317, тираж 150
Кемерово, тил. КузПИ*